

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengerinan

Pengerinan adalah proses dimana bahan yang mudah menguap, biasanya air, diuapkan dari bahan untuk menghasilkan produk padat. Pengerinan adalah proses perpindahan panas dan massa. Panas diperlukan untuk menguapkan air. Panas laten penguapan air adalah sekitar 2500 J/g, yang berarti bahwa proses pengerinan membutuhkan sejumlah besar energi (Perry, 2008).

Pengerinan adalah operasi kompleks yang melibatkan transfer panas dan massa sementara bersamaan dengan beberapa proses laju, seperti transformasi fisik atau kimia, yang pada gilirannya dapat menyebabkan perubahan kualitas produk, serta mekanisme perpindahan panas dan massa. Dalam pengerinan penguapan cairan dipengaruhi dengan memberikan panas ke bahan baku yang basah (Mujumdar, 2010). Operasi pengering dapat menggunakan perpindahan panas yang dapat berlangsung secara konveksi, konduksi, radiasi, atau kombinasi dari ketiganya. Panas dari lingkungan dialirkan ke permukaan bahan baku yang basah dan kemudian ke bagian dalam bahan (Perry, 1997).

Menurut Mujumdar, (2006), ketika benda padat basah mengalami pengerinan, dua proses terjadi secara bersamaan yaitu:

- a. Transfer energi (panas) dari lingkungan sekitar untuk menguapkan air pada permukaan bahan.
- b. Pergerakan air internal dalam padatan dan akan teruapkan

2.2 Mekanisme Pengerinan

Air dalam padatan ada yang terikat baik atau tidak terikat. Metode untuk menghilangkan kadar air terikat yaitu penguapan. Penguapan terjadi ketika tekanan uap dari kelembaban pada permukaan padat sama dengan tekanan atmosfer. Hal ini dilakukan dengan meningkatkan suhu kelembaban ke titik didih. Fenomena semacam ini terjadi di pengering *roller* (Mujumdar, 2006).

Jika bahan kering adalah panas sensitif, maka temperatur dimana penguapan terjadi yaitu, titik didih dapat diturunkan dengan menurunkan tekanan. Jika tekanan diturunkan di bawah titik ripel, maka tidak ada fase cair dapat eksis

dan kelembaban dalam produk beku. Penambahan panas menyebabkan sublimasi es langsung ke uap air seperti dalam kasus pengeringan secara beku (*freeze dryer*) (Mujumdar, 2006).

Dalam penguapan, pengeringan dilakukan dengan konveksi, yaitu dengan melewatkan udara hangat di atas produk. Udara didinginkan oleh produk, dan kelembaban ditransfer ke udara dengan produk dan dibawa pergi. Dalam hal ini tekanan uap jenuh uap air di atas padatan kurang dari tekanan atmosfer. Sebuah kebutuhan awal untuk pemilihan jenis pengering yang cocok desain dan ukuran adalah penentuan karakteristik pengeringan. Informasi yang juga diperlukan adalah karakteristik penanganan, keseimbangan kelembaban padat, dan kepekaan bahan terhadap suhu, bersama dengan batas-batas suhu dicapai dengan sumber panas tertentu (Mujumdar, 2006).

Perlakuan pengeringan padatan dapat dicirikan dengan mengukur hilangnya kadar air sebagai fungsi dari waktu. Metode yang digunakan adalah perbedaan kelembaban, berat, dan intermiten berat (Mujumdar, 2006).

Produk yang mengandung air berperilaku berbeda pada pengeringan sesuai dengan kadar air mereka. Selama tahap pertama dari pengeringan laju pengeringan konstan permukaan berisi air bebas. Penguapan berlangsung, dan penyusutan mungkin terjadi sebagai kelembaban permukaan ditarik kembali ke permukaan padat (Mujumdar, 2006).

Dalam tahap laju pengeringan langkah untuk mengendalikan difusi uap air pada antarmuka udara kelembaban dan tingkat dimana permukaan untuk difusi akan dihapus. Menjelang akhir periode laju konstan, air harus diangkut dari bagian dalam *solid* ke permukaan oleh gaya kapiler dan laju pengeringan mungkin masih konstan. Bagaimanapun, dihitung terhadap luas permukaan keseluruhan solid, laju pengeringan jatuh meskipun tarif per satuan luas permukaan basah padat tetap konstan. Hal ini menimbulkan ke tahap pengeringan kedua atau bagian pertama dari periode laju jatuh, periode pengeringan permukaan tak jenuh. Bagian dari kurva mungkin hilang sepenuhnya, atau mungkin merupakan periode tingkat seluruh jatuh (Mujumdar, 2006).

Menurut Mujumdar (2010), Pengangkutan uap air dalam padatan dapat

terjadi oleh salah satu atau lebih dari mekanisme perpindahan massa berikut ini:

- a. Difusi cair, jika padatan basah berada pada suhu di bawah titik didih cairan.
- b. Difusi uap, jika cairan menguap di dalam material.
- c. Difusi *knudsen*, jika pengeringan terjadi pada suhu dan tekanan yang sangat rendah, contohnya dalam pengeringan beku (*freeze drying*).
- d. Difusi permukaan (mungkin meskipun tidak terbukti).
- e. Perbedaan tekanan hidrostatik, ketika laju penguapan internal melebihi laju pengangkutan uap melalui padatan ke lingkungan.
- f. Kombinasi dari mekanisme di atas.

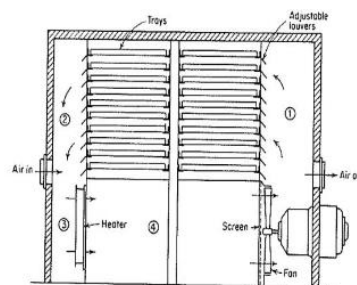
2.3 Macam Macam Alat Pengering

Beberapa pengeringan telah digunakan secara komersial, dan jenis pengeringan tertentu cocok untuk beberapa produk pangan. Berdasarkan bahan yang akan dipisahkan, alat pengering terdiri dari:

2.3.1 Alat Pengering untuk Padatan dan Pasta

a. *Tray Dryer*

Tray dryer dapat digunakan untuk mengeringkan bahan berupa padatan kental atau padatan seperti pasta, dimana bahan tersebut disebarakan secara merata pada rak-rak pengering. Pengeringan menggunakan *tray dryer* dapat menghasilkan pengeringan yang jauh lebih cepat pada padatan, kristal dan bahan yang berbentuk granular dapat dikeringkan secara langsung, dengan melihat kondisi tersebut, maka alat *tray dryer* sangatlah memungkinkan untuk mengeringkan material yang berbentuk padatan (Geankoplis, 1993).

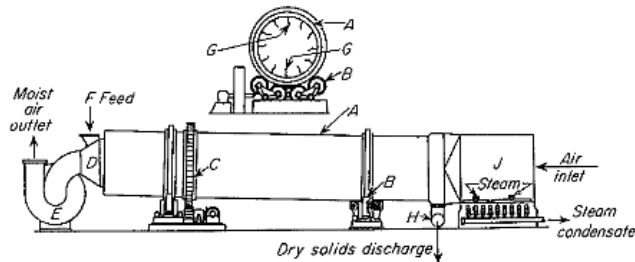


Sumber: Treybal, 1980

Gambar 2.1 *Tray Dryer*

b. *Rotary Dryer*

Alat pengering ini berbentuk silinder yang bergerak pada porosnya. Silinder ini dihubungkan dengan alat pemutar dan letaknya agak miring. Umpan bahan basah masuk melalui salah satu ujung silinder, pembuangan bahan yang telah kering melalui ujung lainnya. *Rotary dryer* dipanaskan dengan kontak langsung antara gas dan padatan (McCabe, 1993).

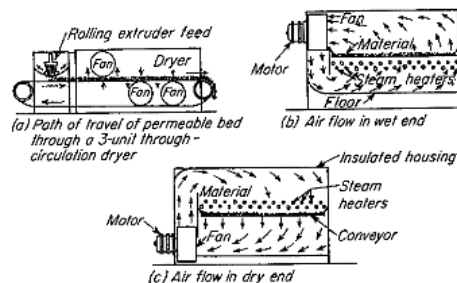


Sumber: McCabe, 1993

Gambar 2.2 Rotary Dryer

c. *Screen Conveyor Dryer*

Lapisan bahan yang akan dikeringkan diangkut perlahan-lahan diatas logam melalui kamar atau terowongan pengering yang mempunyai kipas dan pemanas udara (McCabe, 1993).

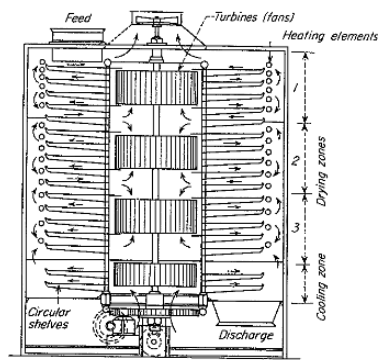


Sumber: McCabe, 1993

Gambar 2.3 Screen Conveyor Dryer

d. *Tower Dryer*

Pengering menara terdiri dari sederetan talam bundar yang dipasang bersusun keatas pada suatu poros tengah yang berputar. Zat padat itu menempuh jalan seperti melalui pengering, sampai keluar sebagian hasil yang kering dari dasar menara. Aliran padatan (bahan) atau gas dapat bergerak secara *parallel* maupun *countercurrent*.



Sumber: McCabe, 1993

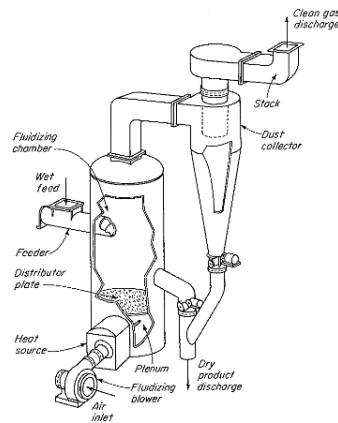
Gambar 2.4 Tower Dryer

e. *Screw Conveyor Dryer*

Pengering konveyor sekrup adalah suatu pengering kontinu kalor tak langsung, yang pada pokoknya terdiri dari sebuah konveyor sekrup horizontal (konveyor dayung) yang terletak di dalam selongsong bermantel berbentuk silinder (McCabe, 1993).

f. *Fluidized Bed Dryer*

Pada *fluidized bed dryer*, partikel-partikel difluidisasi oleh udara atau gas pada *bed* pengeringan. Umpan dimasukkan melalui atas tempat pengeringan dan produk kering keluar melalui sisi samping tempat pengeringan di bagian bawah (McCabe, 1993).



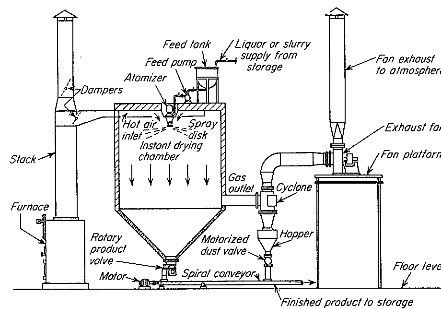
Sumber: McCabe, 1993

Gambar 2.5 Fluidized Bed Dryer

2.3.2 Alat Pengering untuk Larutan dan Bubur

a. *Spray Dryer*

Dalam pengering semprot larutan cair atau bubur disemprotkan ke aliran gas panas dalam bentuk kabut tetesan halus. Air dengan cepat menguap dari tetesan larutan, meninggalkan partikel padatan kering yang dipisahkan dari aliran gas. Aliran gas dan larutan pada ruang semprot dapat bergerak secara *countercurrent*, *cocurrent*, atau kombinasi keduanya (Geankoplis, C.J., 1993).

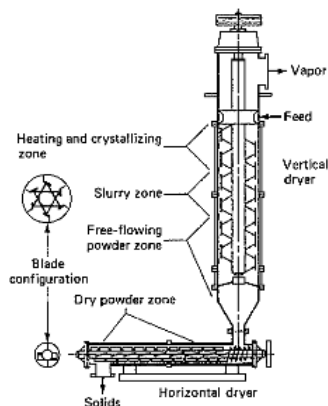


Sumber: McCabe, 1993

Gambar 2.6 *Spray Dryer*

b. *Thin-film Dryer*

Sama dengan *spray dryer* dalam beberapa penerapan tertentu adalah pengering film tipis yang dapat menangani zat padat maupun bubur dan menghasilkan hasil padat yang kering dan bebas mengalir. Efisiensi termal pengering film tipis biasanya tinggi dan kehilangan zat padatnya pun kecil (McCabe, 1993).



Sumber: McCabe, 1993

Gambar 2.7 *Thin-film Dryer*

2.4 Klasifikasi Pengering

Berdasarkan cara penanganan zat padat didalam pengering, klasifikasi pengeringan dikelompokkan menjadi :

1. Pengering Adiabatik

Menurut McCabe (1993) dalam pengeringan adiabatik, zat padat kontak langsung dengan gas panas dibedakan atas:

- a. Gas ditiup melintas permukaan hamparan atau lembaran zat padat, atau melintas pada satu atau kedua sisi lembaran. Proses ini disebut pengeringan dengan sirkulasi silang.
- b. Gas ditiup melintasi hamparan butiran butiran kasar yang dibawa. Proses ini disebut pengeringan dengan sirkulasi lewat (*through-circulation drying*).
- c. Zat padat disiramkan kebawah melauai suatu arus gas yang bergerak perlahan-lahan keatas. Proses ini disebut penyiraman didalam pengering putar.
- d. Gas dialirkan melalui zat padat dengan kecepatan yang cukup untuk memfluidisasikan hamparan.
- e. Zat padat seluruhnya dibawah ikut dengan arus gas kecepatan tinggi dan diangkut secara pneumatik dari piranti pencampuran kepemisah mekanik.

2. Pengering Non Adiabatik

Dalam pengering non adiabatik, satu-satunya gas yang harus dikeluarkan ialah uap air atau uap zat pelarut, walaupun kadang-kadang sejumlah kecil gas penyapu (biasanya udara atau nitrogen) dilewatkan juga melalui unit itu (McCabe,1993). Pengering-pengering non adiabatik dibedakan terutama menurut zat padat yang kontak dengan permukaan panas atau sumber panas kalor lainnya yang terbagi atas :

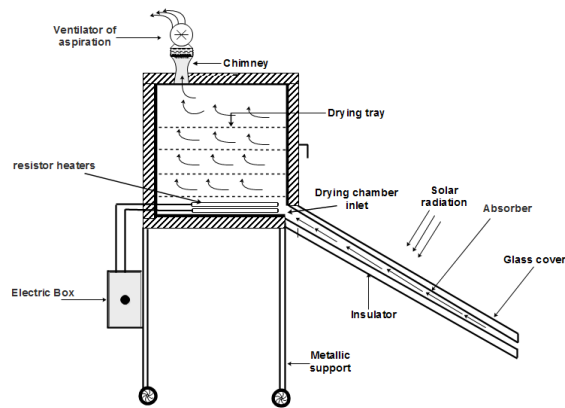
- a. Zat padat dihamparkan diatas suatu permukaan horizontal yang stasioner atau bergerak lambat. Pemanasan permukaan itu dapat dilakukan dengan listrik atau dengan fluida perpindahan kalor seperti

- uap air panas. Pemberian kalor itu dapat pula dilakukan dengan pemanas radiasi yang ditempatkan diatas zat padat itu (McCabe,1993).
- b. Zat padat itu bergerak diatas permukaan panas, yang biasanya berbentuk silinder, dengan bantuan pengaduk atau konveyor sekrup (*screw conveyor*) (McCabe,1993).
 - c. Zat padat menggelincir dengan gaya gravitasi diatas permukaan panas yang miring atau dibawa naik bersama permukaan itu selama selang waktu tertentu dan kemudian diluncurkan lagi ke suatu lokasi yang baru (McCabe,1993).

2.5 Pengering Tipe Kombinasi

Pengeringan tipe kombinasi adalah alat pengering yang memanfaatkan energi surya dengan tambahan sumber energi lain seperti *heater*, bahan bakar, dan lain-lain. Dari penggunaan alat pengering tersebut diperoleh beberapa keuntungan antara lain, tidak tergantung kepada panas matahari dan cuaca, tidak memerlukan tempat yang luas, dapat diawasi dengan alat ukur dan kapasitas pengeringan bahan dapat disesuaikan dengan yang diperlukan (Rahman dkk., 2017).

Pengering tipe kombinasi pada prinsipnya sama seperti pengeringan lain pada umumnya. Pancaran sinar matahari diubah menjadi energi panas melalui kolektor surya, kemudian diteruskan ke seluruh bagian ruang pengering sehingga terjadi akumulasi energi di dalam ruang pengering dan menyebabkan suhu meningkat, kenaikan suhu ruang akan menguapkan air yang terkandung dalam bahan. Bahan bakar gas atau *heater* sebagai sumber energi kedua yang akan memanaskan ruang untuk mengeringkan bahan apabila radiasi matahari berkurang atau tidak ada. Alat pengering tipe kombinasi secara umum terdiri atas media penangkap radiasi atau kolektor surya, ruang pengering, ruang bakar dan cerobong. Distribusi suhu pada ruang pengering sangat berpengaruh dalam mengeringkan bahan pangan yang dikeringkan (Hatta dkk., 2019).



Sumber: Zoukit dkk., 2018

Gambar 2.8 Alat Pengering Tipe Kombinasi

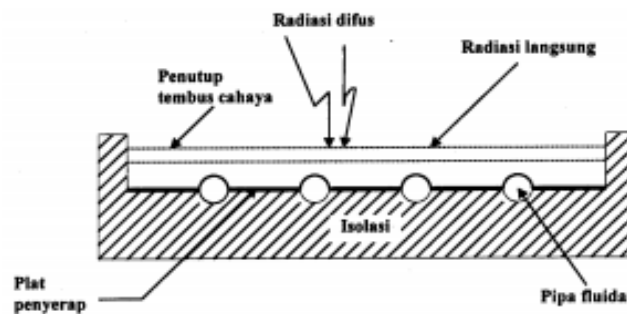
2.6 Kolektor Surya Plat Datar

Kolektor surya adalah suatu alat yang dapat mengumpulkan atau menyerap radiasi surya dan mengkonversikan menjadi panas. Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Kolektor surya beroperasi tanpa mengeluarkan suara (tidak seperti turbin angin besar) sehingga tidak menyebabkan polusi suara. Kolektor surya biasanya memiliki umur yang sangat lama, dan biaya pemeliharaannya sangat rendah karena tidak ada bagian yang bergerak. Kolektor surya juga cukup mudah untuk diinstal (Arikundo dkk., 2014)

Menurut Wirawan dkk. (2015), pada kolektor surya pelat datar (*flat-plate collector*), radiasi matahari masuk melalui penutup transparan dan mengenai permukaan hitam absorber dengan absorpsifitas tinggi, sebagian besar energi ini diserap oleh pelat dan dipindahkan ke medium pengangkut didalam pipa cairan, dialirkan ke penyimpanan atau langsung digunakan. Bagian bawah pelat penyerap dan dua sisi dindingnya terisolasi dengan baik untuk mengurangi kerugian panas konduksi. Komponen utama sebuah kolektor pelat datar adalah sebagai berikut :

1. *Cover* adalah kaca atau material transmisi radiasi lain.
2. Saluran cairan panas yaitu pipa, sirip, atau saluran yang langsung mentransfer panas fluida dari *inlet* ke *outlet*.
3. *Absorber* pelat, datar, bergelombang, atau pelat beralur, dimana pipa, sirip, atau bagian-bagian lain terpasang.

4. *Header* atau *Manifold* adalah pipa dan saluran untuk menyalurkan dan pengisian fluida.
5. Isolasi yaitu untuk mengurangi kehilangan panas di bagian bawah dan samping kolektor.
6. *Casing* yang mengelilingi komponen dan melindungi dari debu, kelembaban, dan material lain.



Sumber: Kristanto dkk., 2001

Gambar 2.9 Skema Kolektor Surya Plat Datar

2.7 Heater

Elemen pemanas listrik (*Electrical Heating Element*) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan tipe dari *electrical heating element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*resistance wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah nikelin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan (Sunandar dkk., 2018).

2.8 Teori Pendukung

2.8.1 Kadar Air

Kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot bahan. Data yang diperoleh dari proses pengeringan biasanya diperoleh sebagai berat total padatan basah, pada waktu yang berbeda (t jam) dalam periode pengeringan. Analisis kadar air dengan menggunakan *oven*. Kadar air dihitung

sebagai persen berat, artinya berapa gram berat contoh dengan yang selisih berat dari contoh yang belum diuapkan dengan contoh yang telah (dikeringkan). Jadi kadar air dapat diperoleh dengan menghitung kehilangan berat contoh yang dipanaskan (Kumesan dkk., 2017). Dalam perhitungan kadar air berlaku rumus sebagai berikut:

$$X_t = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \quad (\text{Tahar dkk., 2017})$$

Dimana:

W_0 = Berat cawan kosong (kg)

W_1 = Berat cawan kosong + sampel sebelum pengeringan (kg)

W_2 = Berat cawan kosong + sampel setelah pengeringan (kg)

2.8.2 Kadar Garam

Garam merupakan komponen kimia yang bersifat bakteriostatik maupun bakteriosidal terhadap bakteri. Kemampuan garam membunuh bakteri disebabkan oleh adanya sifat higroskopis garam sehingga mampu menyerap air (sitoplasma) bakteri, sel bakteri menjadi mengkerut dan mati. Selain itu Ion Na^+ dan Cl^- bersifat toksin bagi beberapa bakteri (Rinto dkk., 2009).

Garam merupakan faktor utama dalam proses pengasinan ikan asin berfungsi sebagai bahan pengawet untuk mencegah pembusukan ikan, sehingga meningkatkan daya simpannya. Semakin tinggi kadar garam yang diberikan dalam proses pengasinan ikan maka semakin meningkatkan daya simpannya. Namun, penggunaan kadar garam yang tinggi selain dapat menyebabkan tingkat keasinan meningkat juga berkontribusi secara nyata terhadap prevalensi kejadian hipertensi. WHO mengumumkan dalam proses pengasinan dibutuhkan penambahan garam secara signifikan yang dapat mengakibatkan kandungan garam dalam makanan melewati ambang batas dan menambah berat beban ginjal. Bagi konsumen yang gemar mengonsumsi makanan asinan, bahaya hipertensi akan meningkat seiring dengan penggunaan garam yang berlebihan (Amir, 2014).

2.8.3 Kadar Abu

Penentuan kadar abu ada hubungannya dengan mineral suatu bahan pangan. Kadar abu ditentukan berdasarkan kehilangan berat setelah pembakaran

dengan syarat titik akhir pembakaran dihentikan sebelum terjadi dekomposisi dari abu tersebut. Kadar abu yang diukur bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan mineral yang terdapat dalam sampel. Fungsi dari kadar abu tersebut yaitu mengetahui bahwa semakin tinggi kadar abu maka semakin buruk kualitas dari bahan pangan tersebut (Tahar dkk., 2017).

Untuk mendapatkan nilai kadar abu, maka digunakan rumus:

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{w_2 - w_0}{w_1 - w_0} \times 100 \% \quad (\text{Tahar dkk., 2017})$$

Dimana:

W_2 = Berat kurs dan sampel setelah dipanaskan

W_1 = Berat kurs dan sampel sebelum dipanaskan

W_0 = Berat kurs kosong

2.8.4 Waktu Pengeringan

Pada pengeringan, nilai yang penting adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan material di bawah kondisi yang ada pada alat pengering. karena ini dapat menentukan ukuran dari *dryer* yang diperlukan untuk kapasitas material yang akan dikeringkan (McCabe, 1993). Waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan bisa ditentukan rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{L_s}{AR_c} (X_1 - X_2) \quad (\text{Geankoplis, C.J, 1993})$$

Dimana:

t = waktu pengeringan (jam)

L_s = berat material kering (kg)

A = luasa ruang pengering (m^2)

R_c = laju pengeringan (kg/h)

X_1 = *moisture content* awal bahan

X_2 = *moisture content* akhir bahan

2.8.5 Laju Pengeringan

Menurut Geankoplis, C.J. (1993), proses pengeringan mempunyai dua periode utama yaitu periode pengeringan dengan laju pengeringan konstan dan

periode dengan laju pengeringan menurun. Kedua periode utama ini dibatasi oleh kadar air kritis (*critical moisture content*).

Laju pengeringan periode konstan terjadi pada bahan yang berkadar air tinggi dan lapisan air yang kontinyu ada di permukaan pengeringan. Air ini seluruhnya adalah air yang tidak terikat dan air tersebut bertindak seolah-olah padatan tidak ada. Laju penguapan di bawah kondisi udara yang diberikan tidak tergantung pada padatan dan pada dasarnya sama dengan laju dari permukaan cairan bebas. Periode ini berlanjut hanya selama air disuplai ke permukaan secepat diuapkan air tersebut. Pada laju pengeringan menurun ada air di permukaan bahan yang tidak dapat untuk mempertahankan lapisan air yang kontinyu. Pada periode ini seluruh permukaan tidak lagi basah dan area basah terus menurun dalam periode laju pengeringan menurun ini sampai permukaan benar-benar kering (Geankoplis, C.J, 1993).

Perhitungan laju pengeringan membutuhkan data hasil pengukuran dari perpindahan massa, perpindahan panas, waktu, suhu dan luas permukaan kadar air akhir, waktu, suhu, dan luas permukaan. Pada laju pengeringan, perhitungannya bisa digunakan persamaan sebagai berikut.

$$q = q_c + q_k + q_r \quad (\text{Geankoplis, C.J, 1993})$$

$$N_A = k_y \frac{M_B}{M_A} (H_s - H) \quad (\text{Geankoplis, C.J, 1993})$$

Persamaan laju pengering untuk laju perpindahan kombinasi antara konduksi, konveksi dan radiasi:

$$R_c = \frac{q}{A \cdot \lambda_s} = \frac{q_c + q_k + q_r}{A \cdot \lambda_s} \quad (\text{Geankoplis, C.J, 1993})$$

Menjadi,

$$R_c = \frac{q}{A \cdot \lambda_s} = \frac{h_c(T - T_s)A + U_k(T - T_s) + h_r(T_R - T_s)A}{A \cdot \lambda_s} k_y M_b (H_s - H) \quad (\text{Geankoplis, C.J, 1993})$$

Dimana:

T = Suhu Udara °C (°F)

T_s = Suhu permukaan pelat °C (°F)

T_R = Suhu permukaan °C (°F)

A = luas dinding (luas perpindahan panas). m^2 (ft^2)

h_c = laju perpindahan panas konveksi, Watt (Btu/h)

h_k = laju perpindahan panas konduksi, Watt (Btu/h)

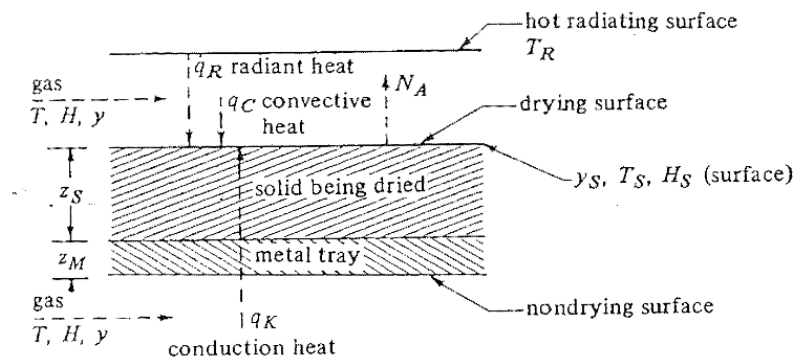
h_R = laju perpindahan panas radiasi, Watt (Btu/h)

k_y = konduktivitas termal, W/m. $^{\circ}$ C (Btu/h.ft. $^{\circ}$ F)

N_A = perpindahan massa

2.8.6 Perpindahan Panas

Proses perpindahan panas yang terjadi pada proses pengeringan ada tiga yaitu perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi.



Sumber : Geankoplis, C.J. 1993

Gambar 2.10 Perpindahan Massa dan Perpindahan Panas pada Proses Pengeringan

a. Perpindahan Panas Konduksi

Dalam konduksi, panas dapat disalurkan melalui padatan, cairan, dan gas. Panas terjadi oleh perpindahan panas antara molekul-molekul yang berdekatan. Dalam gas, molekul yang lebih panas, yang memiliki energi dan gerakan yang lebih besar, memberikan energi ke molekul yang berdekatan pada tingkat energi yang lebih rendah. Jenis perpindahan ini terjadi sampai batas tertentu di semua padatan, gas, atau cairan di mana ada gradien suhu. Dalam konduksi, energi juga dapat ditransfer oleh elektron bebas, yang sangat penting dalam padatan logam. Contoh perpindahan panas konduksi adalah perpindahan panas melalui dinding *exchanger* atau kulkas, perlakuan panas tempa baja, pembekuan tanah selama musim dingin, dan sebagainya (Geankoplis, C.J., 1993).

Berikut persamaan dari laju perpindahan panas konduksi.

$$q_k = U_k(T - T_s)A \quad (\text{Geankoplis, C.J., 1993})$$

Dimana:

q_k = Laju perpindahan panas konduksi, Watt (Btu/h)

A = Luas penampang, m^2 (ft^2)

T = Temperatur udara, $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

T_s = Temperatur pelat, $^{\circ}C$ ($^{\circ}F$)

$$U_k = \frac{1}{1/h_c + z_m/k_m + z_s/k_s}$$

z_m = ketebalan pelat, m^2 (ft^2)

z_s = ketebalan bahan, m^2 (ft^2)

k_m = konduktivitas termal pelat, W/mK

k_s = konduktivitas termal bahan, W/mK

h_c = koefisien perpindahan panas

b. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas dengan konveksi menyiratkan perpindahan panas dengan transportasi jumlah banyak dan pencampuran elemen makroskopik dari bagian yang lebih hangat dengan bagian gas atau cairan yang lebih dingin. Ini juga sering melibatkan pertukaran energi antara permukaan padat dan fluida. Ada dua jenis konveksi yaitu konveksi paksa dan konveksi bebas. Pada perpindahan panas konveksi paksa, di mana fluida dipaksa mengalir melewati permukaan padat oleh pompa, kipas, atau cara mekanis lainnya, dan pada konveksi alami atau bebas, di mana fluida yang lebih hangat atau lebih dingin di sebelah permukaan padat menyebabkan sirkulasi karena perbedaan kepadatan yang dihasilkan dari perbedaan suhu dalam fluida. Contoh perpindahan panas secara konveksi adalah kehilangan panas dari radiator mobil di mana udara disirkulasikan oleh kipas angin, memasak makanan di panci yang sedang diaduk, mendinginkan secangkir kopi panas dengan meniup ke permukaan, dan sebagainya (Geankoplis, C.J., 1993).

Berikut persamaan dari laju perpindahan panas konveksi.

$$q_c = h_c A(T - T_s) \quad (\text{Geankoplis, C.J., 1993})$$

Dimana:

q_c = Laju perpindahan panas konveksi, Watt (Btu/h)

A = Luas penampang, m^2 (ft^2)

h_c = Koefisien perpindahan panas

T = Temperatur udara, °C (°F)

T_s = Temperatur pelat, °C (°F)

c. Perpindahan Panas Radiasi

Radiasi berbeda dari perpindahan panas dengan konduksi dan konveksi karena tidak diperlukan medium fisik untuk perambatannya. Radiasi adalah transfer energi melalui ruang melalui gelombang elektromagnetik dengan carayang sama seperti gelombang cahaya elektromagnetik mentransfer cahaya. Hukum yang sama yang mengatur pemindahan cahaya dan mengatur pemindahan sinar panas. Padatan dan cairan cenderung menyerap radiasi yang ditransfer melalui itu, sehingga perpindahan panas radiasi penting terutama dalam transfer melalui ruang atau gas. Contoh paling penting dari radiasi adalah pengangkutan panas ke bumi dari matahari. Contoh lain adalah memasak makanan ketika dilewatkan di bawah *red-hot electric heater*, memanaskan cairan dalam gulungan tabung di dalam tungku pembakaran, dan sebagainya (Geankoplis, C.J., 1993).

Berikut persamaan dari laju perpindahan panas konveksi.

$$q_c = h_R A(T_R - T_s) \quad (\text{Geankoplis, C.J., 1993})$$

Dengan h_R merupakan koefisien perpindahan panas radiasi yaitu dengan persamaan sebagai berikut.

$$h_R = \sigma \varepsilon \frac{\left(\frac{T_R}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_s}{100}\right)^4}{T_R - T_s} \quad (\text{Geankoplis, C.J., 1993})$$

Dimana:

ε = Emisivitas

T_s = Temperatur lingkungan. °C (°F)

T_R = Temperatur Radiasi °C (°F)

A = Luas permukaan, m^2 (ft^2)

q_r = Laju perpindahan panas radiasi, Watt (Btu/h)

σ = Konstanta Stefan-Boltzman, $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ($0,1713 \times 10^{-8} \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot \text{R}^4$) (konstanta proporsional)

2.9 Ikan Asin

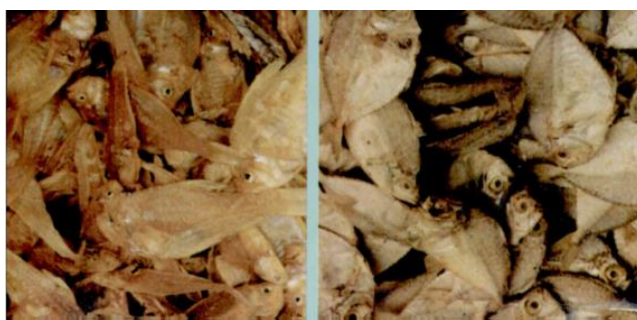
Salah satu produk pengawetan yang banyak di Indonesia adalah ikan asin. Dalam skala nasional, ikan asin merupakan salah satu produk perikanan yang

mempunyai kedudukan paling penting, dapat dilihat bahwa hampir 65% produk perikanan diolah dan diawetkan dengan cara penggaraman (Imbir dkk., 2015).

Pengolahan ikan asin dimulai dari penyiangan, pencucian, diikuti dengan penggaraman dan pengeringan. Dalam proses tersebut yang dapat dibedakan adalah dalam proses penyiangan (yaitu ikan di belah dan ikan dalam bentuk utuh) dan pada proses penggaraman, jumlah garam yang digunakan, jangka waktu penggaraman dan penjemurannya. Hal tersebut disebabkan perbedaan jenis dan ukuran ikan atau cara pengolahan selanjutnya serta rasa asin yang diinginkan. Penggaraman dilakukan dengan berbagai cara yaitu, Penggaraman kering (*dry salting*), penggaraman basah (*brine salting*) dan pelumuran garam (*kench salting*) (Marpaung, 2015).

Proses pengeringan ikan dapat dilakukan dengan penjemuran di bawah sinar matahari atau dengan *oven*. Pengeringan dengan menggunakan *oven* memiliki keuntungan yaitu suhu dan waktu pemanasan dapat diatur. Dengan *oven* buatan sendiri, ikan asin dapat diproduksi dengan kapasitas yang lebih banyak. Pengeringan menggunakan panas matahari selain biaya murah, juga mempunyai daya tampung yang besar. Akan tetapi cara ini sangat tergantung pada cuaca dan suhu pengeringan tidak dapat diatur (Riansyah dkk., 2013).

Berdasarkan SNI 01-2721-2009, ikan asin yang baik memiliki kadar air ikan asin maksimal 40%, kadar garam maksimal 20%, dan kadar abu maksimal sebesar 16,5% (Badan Standardisasi Nasional, 2016).



Sumber : Abbas, S. 1995

Gambar 2.11 Ikan Asin

2.10 Ikan Sepat Siam

Sepat Siam (*Trichogaster pectoralis*) adalah ikan yang diintroduksi dari Thailand ke Indonesia pada tahun 1934. Ditempat asalnya, sepat siam merupakan

ikan ekonomis penting sebagai ikan konsumsi. Tujuan ikan sepat siam diintroduksi ke Indonesia adalah sebagai ikan budidaya di kolam kecil dan lahan persawahan (Tampubolon dkk., 2017).

Saat ini, ikan sepat siam merupakan salah satu sumber protein penting di daerah pedesaan sebagai ikan konsumsi segar atau diolah asin. Di Brasil, ikan sepat siam dimanfaatkan sebagai ikan hias (Tampubolon dkk., 2017).

Ikan sepat (*Trichogaster pectoralis*) memiliki ciri-ciri bentuk tubuhnya yaitu tubuhnya pipih, kepalanya mirip dengan ikan gurami muda yaitu lancip. Panjang tubuhnya tidak dapat lebih besar dari 15 cm, permulaan sirip punggung terdapat di atas bagian yang lemah dari sirip dubur. Pada tubuhnya ada dua bulatan hitam, satu di tengah-tengah dan satu di pangkal sirip ekor. Sirip ekor terbagi ke dalam dua lekukan yang dangkal, memiliki permulaan sirip punggung atas yang lemah dari sirip duburnya, bagian kepala dibelakang mata dua kali lebih dari permulaan sirip punggung di atas bagian berjari-jari keras dari sirip dubur.